

ผลของสารประกอบ Triazole ต่อการให้ผลผลิตและปริมาณสาร Dioscorealide B ในเหง้าข้าวเย็นใต้ (*Dioscorea membranacea* Pierre ex Prain & Burkill)

Effect of Triazole compounds on Yield and Dioscorealide B content in Rhizome of Khao-Yen-Tai (*Dioscorea membranacea* Pierre ex Prain & Burkill)

นิชาภา บุญบริวารกุล¹ ภาณุมาศ ฤทธิไชย^{1*} ยาวพา จิระเกียรติกุล¹ อรุณพร อิฐรัตน์² และ ศรีโสภา เรืองหนู²
Bunborriwankul, N.¹, Rithichai, P.^{1*}, Jirakiattikul, Y.¹, Itharat, A.² and Rungnoo, S.²

¹ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120

¹Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Pathumthani 12120

²สาขาการแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120

²Department of Applied Thai Traditional Medicine, Faculty of Medicine, Thammasat University, Pathumthani 12120

* Corresponding author: panumart@tu.ac.th

บทคัดย่อ

สารสำคัญที่แยกได้จากเหง้าข้าวเย็นใต้ (*Dioscorea membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) คือ dioscorealide B (DB) มีฤทธิ์ในการต้านเซลล์มะเร็ง นอกจากนี้ส่วนของเหง้าใช้รักษาโรคได้หลายชนิด เช่น โรคเอดส์ โรคผิวหนัง และโรคน้ำเหลืองเสีย เป็นต้น ในทางการเกษตรมีการใช้สารประกอบ triazole ที่มีคุณสมบัติเป็นสารกำจัดเชื้อราและสารควบคุมการเจริญเติบโตกันอย่างแพร่หลาย โดยกระตุ้นการเจริญเติบโตของราก เพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสง เพิ่มผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้สารประกอบ triazole ต่อการให้ผลผลิตและปริมาณสาร DB ในเหง้าข้าวเย็นใต้ โดยราดสารประกอบ triazole ได้แก่ triadimefon (TDM) paclobutrazol (PBZ) และ hexaconazole (HEX) ความเข้มข้นอย่างละ 15 และ 20 mg/l เปรียบเทียบกับการไม่ราดสารเป็นสิ่งทดลองควบคุม เริ่มราดสารละลายเมื่อต้นมีอายุ 15 เดือนหลังปลูก โดยราดสารทุกๆ 20 วัน รวม 5 ครั้ง และเก็บเกี่ยวเหง้าเมื่ออายุ 21 เดือนหลังปลูก พบว่า การราด PBZ ที่ความเข้มข้น 15 mg/l เหง้ามีน้ำหนักแห้งสูงสุด 180.11 ± 36.80 กรัมต่อต้น การราด TDM PBZ และ HEX ที่ความเข้มข้น 15 mg/l น้ำหนักสดเหง้ามีค่าสูงสุด และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างสิ่งทดลอง โดยมีน้ำหนักสดเหง้า 650 ± 122.47 816.67 ± 116.90 และ 616.67 ± 194.08 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนปริมาณสาร DB ในทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ในช่วง 1.82 ± 0.18 - 2.13 ± 0.11 %w/w

คำสำคัญ: *Dioscorea membranacea* Dioscorealide B สารประกอบ Triazole ผลผลิต

Abstract

Dioscorealide B (DB) is isolated from the rhizome of Khao-Yen-Tai (*Dioscorea membranacea* Pierre ex Prain & Burkill). This bioactive compound exhibited cytotoxic activity against cancer cells. In addition, the rhizomes are used for the treatment of various diseases such as AIDS, dermatitis and lymphopathy etc. Triazole compounds, fungicide, and plant growth regulator are widely used in agriculture to stimulate root growth, photosynthesis, yield, and yield qualities. Therefore, the objective of this study was to investigate the effect of triazole compounds on yield and DB content in rhizome of Khao-Yen-Tai. Triazole compounds including triadimefon (TDM), paclobutrazol (PBZ), and hexaconazole (HEX) were drenched into

the soil at the concentrations of 15 and 20 mg/l, comparing to non-soil drenching as the control treatment. Triazole drenching treatments started at 15 months after planting, for 5 times at 20 day-intervals. Rhizomes were harvested on 21 months after planting. Result revealed that PBZ drenching at 15 mg/l showed the highest rhizome dry weight as 180.11 ± 36.80 g/plant. TDM, PBZ and HEX drenching at 15 mg/l resulted in the highest rhizome fresh weight with non-significant difference as 650 ± 122.47 , 816.67 ± 116.90 and 616.67 ± 194.08 g/plant, respectively. DB content, 1.82 ± 0.18 to 2.13 ± 0.11 %w/w, was not significantly different among the treatments.

Keywords: *Dioscorea membranacea*, Dioscorealide B, Triazole compounds, yield

บทนำ

ข้าวเย็นใต้ (*Dioscorea membranacea* Pierre ex Prain & Burkill) อยู่ในวงศ์ Dioscoreaceae หรือวงศ์กลอย (Burkill, 1951) เหง้าเป็นแหล่งสะสมอาหาร ผิวของเหง้าจะเป็นสีดำ มีปุ่มนูนรอบๆ เนื้อข้างในมีลักษณะอ่อนและเปราะ สีเหลืองอ่อน (Boonyaratankornkit and Chantarateptawam, 1993; Thapayai, 2004) โดยทั่วไปแพทย์แผนโบราณมักนำส่วนของเหง้าไปใช้ร่วมกับสมุนไพรชนิดต่างๆ เพื่อรักษาโรคหลายชนิด เช่น โรคมะเร็ง โรคเอดส์ และโรคน้ำเหลืองเสีย เป็นต้น (แก้ว, 2547; วันทนา และคณะ, 2550; พินทุสร และอรุณพร, 2555; Saekoo et al., 2010) เมื่อนำเหง้าข้าวเย็นใต้มาทดสอบฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาสกัดโดยใช้น้ำและเอทานอล พบว่า สารสกัดที่ได้มีฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งสูง โดยสารสกัดจากน้ำสามารถต้านเซลล์มะเร็งเต้านมได้ดี ส่วนสารสกัดจากเอทานอลมีฤทธิ์ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งปอด มะเร็งเต้านม และมะเร็งลำไส้สูง แต่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ปกติ (อรุณพร และคณะ, 2552; Itharat et al., 2004) นอกจากนี้ ยังมีฤทธิ์ด้านการแพ้ (Tewtrakul and Itharat, 2006) ฤทธิ์ยับยั้งการสร้าง Nitric oxide (Tewtrakul and Itharat, 2007) ฤทธิ์ด้านการอักเสบ (ผกากรอง และคณะ, 2555) เมื่อนำสารสกัดมาแยก พบว่า สารที่แยกได้จากข้าวเย็นใต้ที่สกัดด้วยเอทานอล คือ dioscorealide B (DB) (Itharat, 2003) มีฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งปอด (COR L-23) เซลล์มะเร็งเต้านม (MCF-7) สูงและมีผลต่อเซลล์ปกติเพียงเล็กน้อย (Itharat et al., 2003)

สารประกอบ triazole มีคุณสมบัติเป็นสารกำจัดเชื้อราและสารเร่งการเจริญเติบโตที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในทางการเกษตร (Kishorekumar et al., 2006) สามารถชักนำให้พืชเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีววิทยา เช่น การเจริญเติบโตของต้นลดลง กระตุ้นการเจริญเติบโตของราก เพิ่มความหนาใบ (Kamounsis and Chronopoulou-Sereli, 1999; Berova and Zlatev, 2000; Sridharan and Raja, 2015) เพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสง โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บีเพิ่มขึ้น (Tekalign and Hammes, 2004; Li and Yang, 2004; Gopi et al., 2007; Mobli and Baninasab, 2008) นอกจากนี้ สารประกอบในกลุ่มของ triazole สามารถทำให้พืชทนทานต่อสภาวะเครียดได้ เนื่องจากไปเพิ่มกลไกในการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งทำให้กระบวนการ lipid peroxidation และการเสื่อมของผนังเซลล์ลดลง (Zeng et al., 1994; Leul and Zhou, 1999) สารที่อยู่ในกลุ่มของสารประกอบ Triazole มีหลายชนิด เช่น triadimefon (TDM) [1-(4-chlorophenoxy)-3,3-dimethyl-1-(1,2,4)-triazol-1-yl-butan-2-one], paclobutrazol (PBZ) [(2 RS, 3 RS)-1-(4-chlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1,2,4-triazol-1-yl)-pentan-3-ol] และ hexaconazole (HEX) [(RS)-2-(2,4-dichlorophenyl)-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)hexan-2-ol] จากรายงานของ Gopi และคณะ (2007) ศึกษาผลของการราดสาร HEX และ PBZ ที่ความเข้มข้น 20 mg/plant ในแครอท (*Daucus carota* L.) พบว่า PBZ ทำให้ anthocyanin โปรตีน กรดอะมิโน proline แป้งและน้ำตาล เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วน HEX ทำให้ carotenoid น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และชีวมวลของรากเพิ่มมากขึ้น และทั้ง PBZ และ HEX ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี เพิ่มขึ้นมากกว่าในต้นที่ไม่ได้ให้สาร รวมทั้งเพิ่มกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระทั้งที่เป็นเอนไซม์ (ascorbate peroxidase, APX) และไม่ใช่เอนไซม์ (reduced glutathione, GSH) นอกจากนี้ ใน *D. rotundata* Poir เมื่อราดด้วยสารประกอบ TDM ที่ความเข้มข้น 15 mg/l และ HEX ที่ความเข้มข้น 10 mg/l พบว่า ทำให้ tuber มีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น และมีการสังเคราะห์แป้งภายใน tuber มีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย (Jaleel et al., 2008) จากคุณสมบัติของสารประกอบ triazole ในการทดลองนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้สารประกอบ triazole คือ TDM PBZ และ HEX ต่อการให้ผลผลิตและปริมาณสาร DB ในเหง้าข้าวเย็นใต้

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเหง้าพันธุ์ข้าวเย็นได้จากป่าในอำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์ มาปลูกในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 โดยปลูกในกระถางพลาสติกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 cm มีวัสดุปลูกคือ ดินใบก้ามปูหมัก ทรายหยาบ ดินผสม ปุ๋ยคอก และถ่านกลบ อัตราส่วน 2:2:1:1:1 โดยปริมาตร บรรจุกระถางละ 35 kg ใส่ปุ๋ย 16-16-16 อัตรา 10 g/pot ในวันปลูกและหลังปลูกทุกๆ เดือน วางในโรงเรือนที่มีการพรางแสง 50 % พร้อมทำการปักค้ำให้น้ำทุกวัน แต่งดการให้น้ำเมื่อเริ่มราดสารประกอบ triazole เพื่อให้ลำต้นเหี่ยวดินฟู

สารประกอบ triazole ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ TDM PBZ และ HEX ที่ความเข้มข้น 2 ระดับ คือ 15 และ 20 mg/l เปรียบเทียบกับการไม่ราดสารประกอบ triazole เป็นสิ่งทดลองควบคุม วิธีการให้สารประกอบ triazole โดยราดสารละลายในแต่ละสิ่งทดลองลงในดินปริมาตร 1 l/pot เริ่มราดสารละลายตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2557 เมื่อต้นมีอายุ 15 เดือนหลังปลูก และหลังจากนั้นทุกๆ 20 วัน จนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2557 รวม 5 ครั้ง เก็บเกี่ยวเหง้าเมื่ออายุ 21 เดือนหลังปลูก ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558 การทดลองมี 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 กระถาง

บันทึกน้ำหนักสดโดยชั่งเหง้าทั้งหมด นำเหง้าไปผานบางๆ และอบที่อุณหภูมิ 50 °C นาน 72 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักแห้ง เตรียมสารสกัดจากเหง้าข้าวเย็นได้ตามวิธีของ Sukkarn and Itharat (2009) โดยนำเหง้าที่ได้จากการอบแห้งจำนวน 10 g ใส่ในขวดแก้ว สกัดด้วย chloroform 3 ครั้ง แต่ละครั้งหมักทิ้งไว้นาน 3 วัน อัตราส่วนเนื้อเยื่อพืชแห้งต่อ chloroform 1 : 3 โดยปริมาตร กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นนำไป evaporation และระเหยแห้งใน hot air oven และวิเคราะห์หาปริมาณสาร DB จากเหง้าข้าวเย็นได้ ดัดแปลงจากวิธีของ Sukkarn and Itharat (2009) โดยนำสารสกัดที่ได้ 10 mg ใส่ใน eppendorf เติม acetonitrile 1 ml ปิดฝา eppendorf ด้วย parafilm จากนั้นนำไป sonicate เป็นเวลา 15 นาที แล้วกรองผ่าน filter membrane ขนาด 0.45 µm ใส่ในขวด vial วิเคราะห์ปริมาณสาร dioscorealide B ด้วยเครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography) ยี่ห้อ Agilent Technologies รุ่น Agilent Technologies 1200 Series (Analytical, USA) ใช้ column ชนิด Luna C₁₈ ความยาว 250 mm x 4.6 mm I.D., 10 µm (Phenomenex, USA) พร้อมกับ guard column ใช้ระบบ gradient ในอัตราส่วน 70-55% (A) ที่เวลา 0-10 นาที, 55% (A) ที่เวลา 5 นาที, 55-30% (A) ที่เวลา 15 นาที, 30% (A) ที่เวลา 5 นาที, 30-70% (A) ที่เวลา 2 นาที และ 70% (A) ที่เวลา 8 นาที (ใช้เวลา 45 นาที/ตัวอย่าง) โดยมี mobile phase คือ น้ำ (A) และ acetonitrile (B) มีอัตราการเคลื่อนที่ของสารเท่ากับ 1 ml/min และฉีดสารเข้าไปปริมาตร 10 µl โดยใช้ความยาวคลื่น 270 nm คำนวณปริมาณสาร dioscorealide B เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน dioscorealide B

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรม SAS

ผล และวิจารณ์ผลการทดลอง

การราดสาร TDM PBZ และ HEX ที่ความเข้มข้น 2 ระดับ คือ 15 และ 20 mg/l เปรียบเทียบกับการไม่ราดสารประกอบ triazole เป็นสิ่งทดลองควบคุม พบว่า การให้สาร PBZ ที่ความเข้มข้น 15 mg/l ทำให้เหง้ามีน้ำหนักสดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีน้ำหนักสดเหง้า 816.67±116.90 กรัมต่อต้น แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการให้สาร TDM และ HEX ที่ความเข้มข้น 15 mg/l มีน้ำหนักสดเหง้า 650±122.47 และ 616.67±194.08 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนการให้สารทั้ง 3 ชนิดที่ความเข้มข้น 20 mg/l มีน้ำหนักสดเหง้าต่ำและไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่ให้สารประกอบ triazole ซึ่งมีน้ำหนักสดเหง้าน้อยที่สุด 333.33 ± 115.47 กรัมต่อต้น (Table 1) ส่วนน้ำหนักแห้งเหง้าพบว่า เหง้าที่ได้รับสาร PBZ 15 mg/l มีน้ำหนักแห้งเหง้าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ 180.11 ± 36.80 กรัมต่อต้น เหง้าที่ได้รับสาร PBZ ที่ความเข้มข้น 20 mg/l TDM และ HEX ทั้งสองความเข้มข้นมีน้ำหนักแห้งเหง้าต่ำและไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการไม่ราดสาร จากผลการทดลองจะเห็นว่าการให้สาร PBZ ที่ความเข้มข้น 15 mg/l สามารถทำให้ผลผลิตเหง้าข้าวเย็นได้เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ PBZ ที่ความเข้มข้น 15 mg/l สามารถกระตุ้นการสร้างไซโตไคนิน (Grossman, 1990) ซึ่งส่งผลให้มีการเพิ่มจำนวนเซลล์มากขึ้น รวมทั้งยังสามารถยับยั้งการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน ทำให้พืชสร้างลำต้นใต้ดินได้ดี (Hammes and Nel, 1975) จึงทำให้เหง้ามีขนาดใหญ่ขึ้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งจึงเพิ่มขึ้น ซึ่งสารในกลุ่ม triazole ชนิดที่แตกต่างกัน มีความเฉพาะเจาะจงต่อการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชชนิดต่างๆ ดังเช่น การทดลองของ Gopi และคณะ (2007) พบว่า การให้ HEX 20 mg/l ในแครอท (*Daucus carota* L.) ทำให้น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และชีวมวลของรากเพิ่มขึ้นมากกว่าในต้นที่ไม่ได้ให้สาร ส่วน Panyapruet และคณะ (2016) พบว่า มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crant) เมื่อให้สาร PBZ ที่ความเข้มข้น 30 mg/l

ทำให้น้ำหนักสดและผลผลิต tuber สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ใน *D. rotundata* Poir. เมื่อราดด้วยสารประกอบ TDM (15 mg/l) และ HEX (10 mg/l) พบว่า ทำให้ tuber มีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีการสังเคราะห์แป้งภายในหัวมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Jaleel et al., 2008)

ปริมาณสาร DB ของเหง้าเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 21 เดือนหลังปลูก พบว่า เหง้าที่ราดด้วยสารประกอบ triazole ทั้ง 3 ชนิด ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l มีปริมาณ DB ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเมื่อไม่มีการราดสาร โดยมีปริมาณสาร DB 1.82 ± 0.18 ถึง 2.13 ± 0.11 %w/w (Table 1) การให้สารประกอบ triazole ที่ความเข้มข้นต่ำมีแนวโน้มทำให้เหง้ามีสาร DB สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม พืชแต่ละชนิดจะมีการตอบสนองต่อชนิดและความเข้มข้นของสารที่ได้รับแตกต่างกัน ดังเช่น ใน Chinese potato (*Solemostemon rotundifolius*) พบว่า การใช้สาร TDM 15 mg/l และ HEX 10 mg/l ทำให้ปริมาณสารทุติยภูมิใน tuber เพิ่มขึ้น (Kishorekumar et al., 2008) ส่วนใน *D. rotundata* พบว่า TDM 15 mg/l และ HEX 10 mg/l เพิ่มสาร proline และ total phenol ใน tuber ได้ (Jaleel et al., 2008) แต่ PBZ ต้องใช้ที่ความเข้มข้น 15 mg/l จึงจะทำให้สามารถกระตุ้นการสร้างสารทุติยภูมิใน *D. rotundata* ได้เพิ่มมากขึ้น (Jaleel et al., 2007) ดังนั้น อาจเป็นไปได้ว่าความเข้มข้นของสารประกอบ triazole ที่ใช้อาจยังไม่เหมาะสมต่อการกระตุ้นให้สร้างสาร DB ได้ แต่อย่างไรก็ตาม การให้สารประกอบ triazole ที่ความเข้มข้นต่ำกว่า 15 mg/l มีแนวโน้มที่จะกระตุ้นการสร้างสาร DB ในเหง้าข้าวเย็นได้ แต่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

สรุปผล

การให้สารประกอบ triazole (TDM PBZ และ HEX) สามารถเพิ่มผลผลิตของเหง้าข้าวเย็นได้ โดยสาร PBZ ที่ความเข้มข้น 15 mg/l ทำให้เหง้ามีผลผลิต ทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ แต่การให้สารประกอบ triazole ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 mg/l ยังไม่สามารถเพิ่มปริมาณสาร DB ในเหง้าข้าวเย็นได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก โครงการส่งเสริมงานวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนา มหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- แก้ว กาญจนา. 2547. สูตรลับตำรับสมุนไพรรักษาโรคมะเร็ง. กรุงเทพฯ: นีออน บุ๊ค มีเดีย. 102 หน้า.
- ผกากรอง ทองดียิ่ง, ศุณิดา มากชูชิต, สุมาลี ปานทอง, ศรีโสภา เรืองหนู และอรุณพร อิฐรัตน์. 2555. การยับยั้งการสร้าง PGE2 จากเซลล์ RAW 264.7 ที่ถูกเหนี่ยวนำโดย LPS ของสารจากหัวข้าวเย็นใต้ (*Dioscorea membranacea*). หน้า 54. ใน: การประชุมเครือข่ายวิชาการบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- พินทุสร หาญสกุล และอรุณพร อิฐรัตน์. 2555. การศึกษาการออกฤทธิ์และกลไกของ Dioscoreanone จากสารสกัดชั้นแอลกอฮอล์ของหัวข้าวเย็นชนิด *Dioscorea membranacea* ในการยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งปอด. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 28 หน้า.
- วันทนา เจริญมงคล, อรุณพร อิฐรัตน์ และพิศิษฐ์ บัวแก้ว. 2550. ตรวจหาฤทธิ์แก้อักเสบระงับปวด และลดไข้ของสารสกัดจากเหง้าหัวข้าวเย็นในหนูทดลอง. ว. สงขลานครินทร์ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 29: 49-57.
- อรุณพร อิฐรัตน์, ชวบูลย์ เดชสุขุม และวิไลรัตน์ ลื่อนันต์ศักดิ์ศิริ. 2552. การศึกษาการออกฤทธิ์ระดับอนุของสารสกัด และ Dioscorealide B ต่อเซลล์มะเร็งเต้านมจากหัวข้าวเย็นชนิด *Dioscorea membranacea*. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 29 หน้า.
- Berova, M. and Zlatev, Z. 2000. Physiological response and yield of paclobutrazol treated tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Plant Growth Regul. 30: 117-123.
- Boonyaratankornkit, L. and Chantarateptawam, V. 1993. Identification and specification of Khao-Yen-Neua, Khao-Yen-Tai. Thai J. Pharm. Sci. 17: 79-90.

- Burkill, L. H. 1951. Dioscoreaceae. Flora Malesiana. 1: 295-335.
- Grossman, K. 1990. Plant growth retardants as tools on physiological research. *Physiol. Plant.* 78: 640-648.
- Gopi, R., Jaleel, A. C., Sairam, C. R., Lakshmanan, R. G., Gomathinayagam, M. A. and Panneerselvam, M. R. 2007. Differential effects of hexaconazole and paclobutrazol on biomass, electrolyte leakage, lipid peroxidation and antioxidant potential of *Daucus carota* L. *Colloids Surf.* 60: 180-186.
- Hammes, P. S. and Nel, P. C. 1975. Control mechanisms in the tuberization in leaves of triazole treated mulberry plant. *Indian Bot. Rep.* 101: 1-5.
- Itharat, A. 2003. Biological activity of bioactive compounds of five Thai medicine plants called Hua-Khao-yen. Ph.D. Thesis, University of London, London.
- Itharat, A., Plubrukarn, A., Kongsaree, P., Bui, T., Keawpradub, N. and Houghton, P. J. 2003. Dioscorealides and dioscoreanone, novel cytotoxic naphthofuranoxepins and 1,4-phenanthraquinone from *Dioscorea membranacea* Pierre. *Org Lett.* 5: 2879-2882.
- Itharat, A., Houghton, P. J., Ammgusye, E. E., Burke, P. J., Sampson, J. H. and Raman, A. 2004. *In vitro* cytotoxic activity of Thai medicinal plants used traditionally to treat cancer. *J Ethnopharmacol.* 90: 33-38.
- Jaleel, C. A., Manivannan, P., Gomathinayagam, M., Sridharan, R. and Panneerselvam, R. 2007. Responses of antioxidant potentials in *Dioscorea rotundata* Poir. following paclobutrazol drenching. *C. R. Biologies* 330: 798-805.
- Jaleel, C. A., Gopi, R. and Panneerselvam, R. 2008. Biochemical alteration in white yam (*Dioscorea rotundata* Poir.) under triazole fungicides: impact on tuber quality. *Czech J. Food Sci.* 26: 298-307.
- Kamounsis, A. P. and Chronopoulou-Sereli, A. G. 1999. Paclobutrazol affects growth and flower bud production in gardenia under different light regimes. *Hortscience.* 34: 674-675.
- Kishorekumar, A., Jaleel, C. A., Manivannan, P., and Morton, J. K. 2006. Different effect of hexaconazole and paclobutrazol on the foliage characteristics of Chinese potato (*Solenostemon rotundifolius* Poir). *ActaBiologicaSzegediensis.* 50: 127-129.
- Leul, M. and Zhou, W. J. 1999. Alleviation of waterlogging damage in winter rape uniconazole application: effect on enzyme activity, lipid peroxidation, and membrane integrity. *J plant Growth Regul.* 18: 9-14.
- Li, Q. M. and Yang, W. Y. 2004. Effects of soaking seeds with uniconazole on several photosynthetic characters of maize seedlings. *Plant Physiol. Commun.* 40: 31-38.
- Mobli, M. and Baninasab, B. 2008. Effects of plant growth regulators on growth and carbohydrate accumulation in shoots and roots of two almond rootstock seedlings. *Fruits.* 63: 363-370.
- Pantapruke, S., Sinsiri, N., Arimatsu, P. and Polthanee, A. 2016. Effect of Paclobutrazol Growth Regulator on Tuber Production and Starch Quality of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Asian J. Plant Sci.* 15: 1-7.
- Saekoo, J., Dechsukum, C., Graidist, P. and Itharat, A. 2010. Cytotoxic effect and its mechanism of dioscorealide B from *Dioscorea membranacea* against breast cancer cells. *J. Med. Assoc. Thai.* 93: 277-282.
- Sridharan, R. and Raja, S. 2015. The effects of triazole compounds on leaf morphological and anatomical characteristics of radish (*Raphanus sativus* L.). *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy (ILCPA).* 44: 90-94.
- Sukkarn, B. and Itharat, A. 2009. Development of the HPLC quantitative analysis of dioscorealide B from *Dioscorea membranacea* Pierre. *J. med.* 9: 156-163.

- Tekalign, T. and Hammes P. S. 2004. Response of potato grown under non-inductive condition to paclobutrazol: shoot grown, chlorophyll content, net photosynthesis, assimilate partitioning, tuber yield, quality, and dormancy. *Plant Growth Regulation*. 43: 227-236.
- Tewtrakul, S. and Itharat, A. 2006. Anti – allergic substances from the rhizome of *Dioscorea membranacea*. *Bioorg. Med. Chem.* 14: 8707-8711.
- Tewtrakul, S. and Itharat, A. 2007. Nitric oxide inhibitory substances from the rhizome of *Dioscorea membranacea*. *J Ethnopharmacol.* 109: 412-416.
- Thapayai, C. 2004. Taxonomic revision of Dioscoreaceae in Thailand. Ph.D. Thesis, Kasatsart University. Bangkok.
- Zeng, X. C., Lui, C. F. and Chen, S. K. 1994. Studies on the mechanism of PP333 and S3307 on the stress resistance promotion of rice seedling. *Acta Agric Univ Jiangxiensis.* 15: 288-291.

Table 1 Effect of TDM, PBZ and HEX drenching at the concentrations of 15 and 20 mg/ on fresh weight, dry weight, and dioscorealide B (DB) content of Khao-Yen rhizomes.

Triazole compounds	Concentrations (mg/l)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	DB (%w/w)
TDM	15	650.00 ± 122.47 ^{ab}	116.83 ± 26.04 ^b	2.12 ± 0.58
	20	450.00 ± 88.83 ^{bc}	101.07 ± 47.98 ^b	1.97 ± 0.38
PBZ	15	816.67 ± 116.90 ^a	180.11 ± 36.80 ^a	1.96 ± 0.15
	20	416.67 ± 231.66 ^{bc}	74.20 ± 31.11 ^b	2.12 ± 0.08
HEX	15	616.67 ± 194.08 ^{abc}	104.93 ± 43.05 ^b	2.13 ± 0.46
	20	500.00 ± 154.92 ^{bc}	102.23 ± 21.81 ^b	1.82 ± 0.18
Control		333.33 ± 115.47 ^c	81.68 ± 23.87 ^b	2.13 ± 0.11
F-test		*	*	ns

Means ± standard deviation (SD) followed by the different letter within each column are significantly different according to Duncan's multiple range test

* significant at p<0.05

^{ns} non-significant (p>0.05)